

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

**Realizace projektu elektroinstalace montážní linky
pro výrobu světlometů**

*Execution of an electrical installation project – the assembly
line for production of headlamps*

Zadání bakalářské práce

Student: **Vít Kryl**

Studijní program: **B2648 Projektování elektrických zařízení**

Téma: **Realizace projektu elektroinstalace montážní linky pro výrobu
světlometů**
**Execution of an electrical installation project - the assembly line for
production of headlamps**

Zásady pro vypracování:

Cíle

Student provede teoretický rozbor připojení montážní linky (rozvaděč, vedení, výpočty, atd.) s využitím doporučeného systému, včetně výběru vhodných elektrických komponentů pro realizaci díla.

Obsahem práce je:

- 1) Stanovení potřebných elektrických parametrů připojovacího místa (instalovaný příkon linky a zkratovou odolnost) dle technických požadavků investora.
- 2) Sestavení protokolu o určení vnějších vlivů a specifikace požadavků pro výběr a stavbu elektrických zařízení s ohledem na uvažované vnější vlivy
- 3) Výběr vhodného rozvaděče a jeho výzbroje
- 4) Technologie instalace elektrického vedení pomocí systému WIELAND, vč. návrhu uzemnění a ochranného pospojování.
- 5) Investiční a provozní rozvaha navrženého projektu instalace pro rok realizace 2012.

Aims

Student will make theoretical analysis of connection the assembly line (switchgear assembly, supply line, calculations) using recommended software including the selection of convenient electrical components for the erection.

Seznam doporučené odborné literatury:

Soubor HD 60364 - ČSN 33 2000 - Elektrické instalace budov
ČSN 341610 - Elektrotechnické předpisy ČSN. Elektrický silnoprůdový rozvod v průmyslových provozovnách
ČSN EN 60439 - 1 - Rozváděče nn - Část 1: Typově zkoušené a částečně typově zkoušené rozváděče
ČSN EN 60439 - 2 - Rozváděče nn - Část 2: Zvláštní požadavky na přípojnicové rozvody

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Karel Chrobáček, Ph.D.**

Datum zadání: 18. 11. 2011

Datum odevzdání: 4. 5. 2012



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Zároveň bych chtěl na tomto místě poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Karlu Chrobáčkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky k mé práci a poskytnutou literaturu. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Kopeckému, Lence Holé a Ing. Tomáši Mlčákovi, Ph.D. za podněty a rady při jejím zpracování a svým nejbližším za podporu během celé doby mého studia.

.....

PROHLÁŠENÍ

ZÁSTUPCE SPOLUPRACUJÍCÍ PŘÁVNICKÉ NEBO FYZICKÉ OSOBY

Student

Jméno a příjmení: Vít Kryl
Rodné číslo: 860329/6218
Adresa: Moravičany 88

Firma

Název: Hella Autotechnik s.r.o.
Adresa: Družstevní 338/16, Mohelnice

Zástupce firmy:

Ing. František Jáně

Téma bakalářské práce

Realizace projektu elektroinstalace montážní linky pro výrobu světlometů

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.

V Mohelnici dne: 29.5.2011

.....
Podpis

HELLA AUTOTECHNIK s.r.o.
789 85 MOHELNICE, Družstevní ul. 16
DIČ: CZ47154888 32

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na provedení elektroinstalace montážní linky a na možné inovativní způsoby pro její provedení z hlediska montážního i ekonomického. Na úvod je krátce představena firma a rozebrána problematika požadavků na elektroinstalaci dle investora. První část práce je zaměřena na teoretický rozbor provedení elektroinstalace, v druhé části práce je rozebráno praktické řešení. Práce se zabývá výpočtem potřebných parametrů připojovacího místa a dimenzováním vedení. Dále je práce věnována vnějším vlivům a požadavkům pro výběr a stavbu elektrického zařízení. Zabývá se volbou vhodného rozvaděče a jeho výzbroje. Dále je věnována způsobu provedení elektroinstalace pomocí systému GESIS firmy WIELAND, včetně uzemnění a ochranného pospojování. V závěru práce je rozepsána investiční a provozní rozvaha daného projektu pro rok realizace 2012.

KLÍČOVÁ SLOVA: elektroinstalace, parametry připojovacího místa, vnější vlivy, rozvaděč, uzemnění, ochranné pospojování

ABSTRACT

This bachelor's thesis is focused on the electrical design of assembly line and innovative ways for its implementation from the installation and economical point of view. At the beginning customer Hella Autotechnik s.r.o. is introduced and questions concerning the requirements for electroinstallation according to the investor's needs are discussed. The first part focuses on the theoretical analysis of electrical design, the second part discusses the practical solution. The thesis deals with calculation of the necessary parameters of connected points and dimensioning of wiring. Furthermore, this thesis is focused on external influences and requirements for selection and construction of electrical equipment. It deals with the selection of suitable switchgear and its equipment. Another parts of this thesis deals with usage of wiring system gesis, designed by WIELAND company. Design of grounding and protective bonding is also included. This thesis is closed by investment and operating breakdown of the current project for realization in 2012.

KEY WORDS: wiring, parameters of the connection points, external influences, switchgear, grounding, protective bonding

OBSAH

1. ÚVOD	14 -
2. PARAMETRY PŘIPOJOVACÍHO MÍSTA	15 -
2.1 Součinitel náročnosti	15 -
2.2 Výpočtové zatížení	15 -
2.2.1 Výrobní provoz, provozovna a závod jako celek	15 -
2.2.2 Skupina spotřebičů nebo jednotlivé agregáty včetně pomocných pohonů, nacházejících se ve výrobním provozu	16 -
2.2.3 Jeden spotřebič	16 -
2.3 Dimenzování vodičů	17 -
2.3.1 Dimenzování vodičů z hlediska mechanické pevnosti	17 -
2.3.2 Dimenzování vodičů z hlediska úbytku napětí	17 -
2.3.3 Dimenzování vodičů z hlediska hospodárnosti	18 -
2.3.4 Dimenzování vodičů z hlediska účinků zkratových proudů	18 -
2.4 Jištění	18 -
2.4.1 Pojistka	19 -
2.4.2 Jistič	20 -
2.4.3 Selektivita jištění	21 -
3. VNĚJŠÍ VLIVY	22 -
3.1 Rozdělení	22 -
3.2 Protokol o určení vnějších vlivů	23 -
3.3 Určování prostorů podle působení vnějších vlivů	23 -
3.4 Výběr a stavba elektrického zařízení	23 -
3.5 Výběr a stavba vedení	25 -
4. ROZVADĚČ A JEHO VÝZBROJ	26 -
4.1 Druhy rozvaděčů	26 -
4.2 Charakteristiky rozvaděčů	26 -
4.3 Zkoušky rozvaděčů	26 -
4.4 Údaje o rozvaděči	27 -
4.5 Výzbroj rozvaděče	27 -
5.1 Technologie elektrického vedení	29 -
5.2 Uzemnění a ochranné pospojování	30 -
5.2.1 Hlavní ochranná svorka nebo přípojnice	30 -
5.2.2 Ochranné vodiče	30 -
5.2.3 Vodiče ochranného pospojování	30 -
6. PRAKTICKÉ ŘEŠENÍ	31 -
6.1 Návrh přívodního kabelu	31 -
6.1.1 Výpočtové zatížení a výpočtový proud	31 -
6.1.2 Dimenzování kabelu	32 -
6.2 Návrh rozvaděče	37 -
6.3 Určení vnějších vlivů	37 -
6.4 Elektrický rozvodu	37 -
6.4.1 Provedení	37 -
6.4.2 Mechanické namáhání	38 -
6.4.3 Kladení	38 -
6.4.4 Dimenzování	38 -
6.5 Uzemnění a ochranné pospojování	39 -
6.6 Investiční a provozní rozvaha	39 -

7. ZÁVĚR.....	- 41 -
8. POUŽITÁ LITERATURA.....	- 42 -
SEZNAM PŘÍLOH.....	- 44 -

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Vypínací charakteristika pojistek</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 2 Vypínací charakteristika jističů</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 3 Kabel GST18i5 5 pól</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 4 Kabel GST18i3 3 pól</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 5 T-konektor GST18i5 5 pól</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 6 T-konektor GST18i5 5/3 pól</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 7 Náhradní schéma pro výpočet zkratů</i>	<i>30</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Stupně ochrany před vniknutím pevných těles</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 2 Stupně ochrany před vniknutím vody</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 3 Stupně udávající hodnotu energie nárazu</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 4 Minimální průřezy ochranných vodičů</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 5 Přehled kabelů v montážní lince</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 6 Náklady na elektroinstalaci montážní linky</i>	<i>35</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

β	Součinitel náročnosti (soudobost)	(-)
P_{\max}	Maximum	(kW)
P_i	Instalovaný příkon	(kW)
k_s	Součinitel současnosti	(-)
k_z	Součinitel využití	(-)
η_m	Účinnost spotřebičů	(%)
η_s	Účinnost napájecí soustavy	(%)
P_p	Výpočtové zatížení	(kW)
I_p	Výpočtový proud	(A)
β_a	Součinitel náročnost	(-)
β_b	Součinitel náročnosti	(-)
P_x	Součet jmenovitých výkonů x největších spotřebičů charakterizujících určitou skupinu	(kW)
P_n	Součet jmenovitých výkonů všech elektrických spotřebičů skupiny včetně P_x	(kW)
ΔU	Úbytek napětí (fázový)	(V)
ΔU_s	Úbytek napětí (sdružený)	(V)
U	Napětí (fázové)	(V)
U_s	Napětí (sdružené)	(V)
R	Činný odpor	(Ω)
X	Indukční odpor	(Ω)
I	Proud	(A)
$\cos\varphi$	Účinník	(-)
S	Hospodárný průřez	(mm ²)
k	Součinitel druhu vedení	(-)
T	Doba plných ztrát za rok	(h)
t	Počet provozních hodin zařízení za rok	(h)
A	Energie v provozu přenesená vedením za rok	(kW)
R_K	Činný odpor na jednotku délky	(Ω/km)
X_K	Indukční odpor na jednotku délky	(Ω/km)
l	Délka vedení	(km)
ρ	Měrný odpor mědi (rezistivita)	(10 ⁻⁶ Ωm)
S_{\min}	Minimální průřez	(mm ²)
I_{th}	Ekvivalentní oteplovací proud	(A)
t_k	Doba trvání zkratového proudu	(s)
K	Materiálová konstanta	(-)
I_k''	Počáteční souměrný rázový zkratový proud	(A)

c	Napět'ový součinitel	(-)
Z	Impedance zařízení	(Ω)
Z_K	Výsledná zkratová impedance	(Ω)
U_n	Jmenovité napětí	(V)
$\Delta u_i\%$	Procentní úbytek napětí (fázový)	(%)
$\Delta u_s\%$	Procentní úbytek napětí (sdružený)	(%)
U_{ns}	Jmenovité napětí sítě	(V)
S_k	Trojfázový zkratový výkon v místě připojení	(VA)
t_r	Převod transformátoru	(kV)
u_{kr}	Jmenovité napětí nakrátko	(%)
K	Korekční součinitel pro transformátor	(-)
k_e	Koeficient pro výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu	(-)
S_n	Jmenovitý výkon	(VA)
ΔP_k	Ztráty na krátko	(W)
U_{LV}	Napětí na krátko	(V)
i_p	Nárazový zkratový proud	(V)

Dolní indexy:

Q	Síťový napáječ
T	Transformátor
V	Vedení, kabely
L	Levá strana montážní linky
Z	Lepící zařízení
R	Robot
P	Plazma

1. ÚVOD

Firma Hella Autotechnik s.r.o. Mohelnice se zabývá výrobou světlometů do automobilů. Byla založena roku 1992 jako stoprocentní dceřiná společnost německého koncernu Hella KGaA Hueck & Co a v roce 1994 byla zavedena výroba světlometů. V roce 1997 se začala zabývat kromě výroby světlometů také výrobou montážních linek pro jejich kompletace.

Každá montážní linka obsahuje jednotlivá strojní zařízení o různých elektrických parametrech, která jsou uspořádána podle stanoveného postupu montáže na ploše o výměře kolem 500m². V dnešní době jsou kladeny mnohem větší požadavky na výrobu světlometů, než tomu bylo v minulosti. Jak ze strany designu a velikosti, tak i ze strany funkčnosti a odolnosti. Počet montážních strojů proto závisí na složitosti světlometu, tedy i na počtu pracovních úkonů potřebných k jejich kompletaci.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout vhodnou elektroinstalaci nové montážní linky pro výrobu světlometů. První kapitola se zabývá stanovením potřebných elektrických parametrů připojovacího místa, zejména výpočtovým zatížením, dimenzováním vedení a jištěním. Ve druhé kapitole jsem se zaměřil na teorii sestavení protokolu o určení vnějších vlivů a specifikaci požadavků pro výběr a stavbu elektrických zařízení s ohledem na uvažované vnější vlivy. Třetí kapitola pojednává o parametrech výběru vhodného rozvaděče a jeho výzbroje a zkouškami, které podmiňují možnost uvedení daného rozvaděče na trh. Následující kapitola přibližuje technologii instalace elektrického vedení firmy WIELAND a seznamuje se současným sortimentem spojovací techniky. Pojednává o tom, jakým způsobem a podle jakých požadavků lze realizovat uzemnění a ochranné pospojování. Uvádí možnosti realizace uzemnění a ochranného pospojování s ohledem na doporučení uvedených technických norem. Šestá kapitola je praktickou částí této bakalářské práce. Přináší postup návrhu včetně investiční a provozní rozvahy navrženého projektu elektroinstalace montážní linky pro rok realizace 2012.

Při zpracování bakalářské práce jsem vycházel z českých technických norem, učebních textů Elektro v praxi firmy Solid Team s.r.o. a učebních textů Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Zvolené téma bylo zadáním firmy Hella Autotechnik s.r.o. Mohelnice a jeho zpracování přispěje k realizaci projektu elektroinstalace konkrétní nové montážní linky pro výrobu světlometů.

2. PARAMETRY PŘIPOJOVACÍHO MÍSTA

Při projektování elektroinstalace v jakémkoli objektu je nutné určit maximální odběr, neboli instalovaný příkon spotřebičů, což je součet příkonů všech spotřebičů instalovaných v daném objektu. Dále je potřebné určit způsob provozu spotřebičů, který je dán předpokládaným součinitelem náročnosti.

2.1 Součinitel náročnosti

Pro stanovení součinitele náročnosti existuje několik způsobů:

- a) Stanovení součinitele u stávajících objektů

$$\beta = \frac{P_{\max}}{P_i} \leq 1 \quad (-, W, W) \quad (2.1)$$

- b) Stanovení součinitele náročnosti u nových objektů, u nichž je znám seznam spotřebičů

$$\beta = \frac{k_s \cdot k_z}{\eta_m \cdot \eta_s} \leq 1 \quad (-, -, -) \quad (2.2)$$

- c) Stanovení součinitele náročnosti u nových objektů, kde není znám seznam spotřebičů
- dle ČSN 34 1610 tabulka 12 této normy.

2.2 Výpočtové zatížení

Podle velikosti maximálního odběru a způsobu provozu musí být dimenzovány vodiče, jističí přístroje, napájecí zdroj apod. Z tohoto důvodu musí být určeny základní veličiny tzv. výpočtové zatížení a z něj určený výpočtový proud. Při určování výpočtového zatížení a výpočtového proudu je nutné rozlišovat dle ČSN 34 1610 [12], zda jde o řešení elektrického rozvodu pro:

- a) výrobní provoz, provozovnu nebo závod jako celek
- b) skupinu spotřebičů nebo jednotlivé agregáty včetně pomocných pohonů, nacházejících se ve výrobním provozu
- c) jeden spotřebič

2.2.1 Výrobní provoz, provozovna a závod jako celek

Výpočtové zatížení – součin instalovaného výkonu a předpokládaného součinitele náročnosti.

$$P_p = P_i \cdot \beta \quad (\text{kW}, \text{kW}, -) \quad (2.3)$$

Výpočtový proud – proud vypočítaný z výpočtového zatížení, jmenovitého napětí a účinníku.

$$\text{Pro trojfázové spotřebiče} \quad I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A, kW, V, -}) \quad (2.4)$$

$$\text{Pro jednofázové spotřebiče} \quad I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A, kW, V, -}) \quad (2.5)$$

$$\text{Pro stejnosměrné spotřebiče} \quad I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U} \quad (\text{A, kW, V}) \quad (2.6)$$

2.2.2 Skupina spotřebičů nebo jednotlivé agregáty včetně pomocných pohonů, nacházejících se ve výrobním provozu

Výpočtové zatížení – (stejně jako v prvním případě) nebo z „dvojčlenného vzorce“
Pro jednu skupinu spotřebičů:

$$P_p = \beta_a \cdot P_x + \beta_b \cdot P_n \quad (\text{kW, -, kW, -, kW}) \quad (2.7)$$

Pro několik skupin spotřebičů:

$$\sum_1^n (P_p) = (\beta_a \cdot P_x)_{\max} + \sum_1^n (\beta_b \cdot P_n) \quad (\text{kW-, kW, -, kW}) \quad (2.8)$$

Výpočtový proud: stejné jako v 1.2.1

2.2.3 Jeden spotřebič

Výpočtové zatížení – podíl instalovaného výkonu spotřebiče a jeho účinnosti.

$$P_{p1} = \frac{P_{i1}}{\eta} \quad (\text{kW, kW, \%})$$

Výpočtový proud:

$$\text{Pro trojfázový spotřebič} \quad I_{p1} = \frac{1000 \cdot P_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A, kW, V, -}) \quad (2.9)$$

$$\text{Pro jednofázový spotřebič} \quad I_{p1} = \frac{1000 \cdot P_{p1}}{U \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A, kW, V, -}) \quad (2.10)$$

$$\text{Pro stejnosměrný spotřebič} \quad I_{p1} = \frac{1000 \cdot P_{p1}}{U} \quad (\text{A, kW, V}) \quad (2.11)$$

2.3 Dimenzování vodičů

Vodiče elektrického rozvodu musí být navrženy tak, aby byly schopny bez jakéhokoliv problému dodat elektrickou energii do požadovaných míst spotřeby. Proto je nutné dimenzovat elektrické vodiče dle ČSN 34 1610 [12] tak, aby:

- vodiče měly dobrou mechanickou pevnost,
- úbytek napětí byl ve stanovených mezích,
- průřezy vodičů byly hospodárné,
- vodiče odolávaly dynamickým a tepelným účinkům zkratových proudů.

Každý z těchto požadavků může určovat jiný průřez vodičů. V praxi se pak použije průřez největší podle těchto požadavků.

2.3.1 Dimenzování vodičů z hlediska mechanické pevnosti

Při návrhu vodičů se musí brát v úvahu jejich mechanické namáhání. Průřezy vodičů musí být navrženy tak, aby z hlediska mechanické pevnosti snesly i to největší namáhání, které může při montáži nebo provozu nastat. Vodiče jsou nejvíce zatěžovány při zkratech, kdy vodičem prochází proud mnohonásobně vyšší než jmenovitý. Minimální průřezy, způsoby uložení a místa jejich instalace udává norma ČSN 33 2000-5-523 [10].

2.3.2 Dimenzování vodičů z hlediska úbytku napětí

Při průchodu proudu vedením dochází vlivem jeho impedance k úbytku napětí a tím i k poklesu napětí na spotřebiči. Tímto poklesem napětí by mohlo dojít k ovlivnění některých důležitých provozních funkcí spotřebiče. Proto norma ČSN EN 50160 [13] stanovuje hodnoty dovolených úbytků napětí pro daný druh rozvodu. Průřez vodičů musí být tedy navržen tak, aby úbytek napětí nepřesáhl dovolenou hodnotu při největším zatížení. Kontrola úbytku napětí se provádí výpočtem podle ČSN 34 1610 [12] obr. 11, 12 a 13, nebo podle vzorce:

- U střídavého proudu $\cos \varphi > 0,5$

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (V, \Omega, A, -, \Omega, A, -) \quad (2.12)$$

$$\Delta U_s = \sqrt{3} \cdot \Delta U \quad (V, V) \quad (2.13)$$

- U střídavého proudu $\cos \varphi < 0,5$

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi + \frac{(R \cdot I \cdot \sin \varphi - X \cdot I \cdot \cos \varphi)^2}{2 \cdot U} \quad (V, \Omega, A, -, \Omega, A, -, \Omega, A, -, \Omega, A, -, V) \quad (2.14)$$

$$\Delta U_s = \sqrt{3} \cdot \Delta U$$

- U stejnosměrného proudu

$$\Delta U = R \cdot I \quad (V, \Omega, A) \quad (2.15)$$

Při kontrole úbytku napětí u vedení do průřezu 16 mm² se může indukční odpor vedení zanedbat.

2.3.3 Dimenzování vodičů z hlediska hospodárnosti

Hospodárnost průřezů vedení je dalším kritériem, které by se mělo při návrhu vodičů zohledňovat. Minimální investiční a provozní náklady jsou hlavními požadavky hospodárnosti, ale ne vždy mohou být splněny. Čím větší průřez vodičů se použije, tím bude vedení dražší, ale na druhé straně bude mít menší odpor a menší provozní ztráty. Cílem návrhu podle tohoto kritéria je navrhnout hospodárný průřez vodičů tak, aby minimální náklady odpovídali předpokládané životnosti a předpokládanému zatížení vedení. Kontrola hospodárnosti průřezu vodičů se provádí podle vzorce:

$$S = k \cdot I_p \sqrt{T} \quad (\text{mm}^2, -, A, h) \quad (2.16)$$

Doba plných ztrát se vypočte

$$T = t \cdot (0,2 \cdot \zeta + 0,8 \cdot \zeta^2) \quad (h, h, -) \quad (2.17)$$

$$\zeta = \frac{A}{P_p \cdot t} \quad (-, \text{kWh}, \text{kW}, h) \quad (2.18)$$

2.3.4 Dimenzování vodičů z hlediska účinků zkratových proudů

Zkrat vznikne vodivým spojením vodičů různého potenciálu. Toto spojení způsobí obrovský vzrůst proudu nad jeho provozní hodnotu. Může k tomu dojít při průrazu izolace, nesprávné manipulaci, přítomnosti zapomenutých vodivých částí na holých spojích, přepětí, nedokonalém dimenzování apod. I když je zkrat odpojen ochrannými jistíci prvky, tak i za velmi krátkou dobu obvodem proteče proud mnohonásobně větších hodnot, a to až desítek kiloampér. Tento zkrat způsobuje nadměrné dynamické a tepelné namáhání vodičů. Z tohoto důvodu se musí zvolit jejich vhodný minimální průřez podle vzorce:

$$S_{\min} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t_k}}{K} \quad (\text{mm}^2, A, s, -) \quad (2.19)$$

2.4 Jištění

Účelem jištění je zabránit škodám, ohrožení lidí, ohrožení zařízení či výroby v důsledku náhlých poruch, které mohou vzniknout v elektrickém vedení, nebo alespoň omezit následky náhlých poruch na co nejmenší míru.

Vodiče a ostatní elektrická zařízení se jistí proti nadproudům, které vznikají vlivem zkratů nebo přetížení. Při působení nadproudů rozlišujeme dva nebezpečné stavy, a to stav kdy se požaduje okamžitý zásah (zkraty) a stav, který umožňuje zpožděný zásah (přetížení) jistící ochrany.

Jistící přístroje, které zajišťují ochranu před účinky proudového přetížení a zkratových proudů musí být schopny odpojit jakýkoliv nadproud ve vedení dříve, než by tepelné a dynamické účinky takového proudu měly negativní vliv na vodiče a spoje. Jistící přístroj musí mít zkratovou vypínací schopnost vyšší nebo rovnou nejvyšší předpokládané hodnotě proudu v místě, kde je instalován. Zkratový proud lze zjistit měřením nebo výpočtem podle vzorce:

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_K} \quad (A, -, V, \Omega) \quad (2.20)$$

Jistící zařízení se musí zvolit tak, aby:

- jádro jistěného vodiče při přetížení i při zkratu nepřekročilo nejvyšší dovolenou teplotu,
- při normálním provozu nedošlo k nežádoucímu vypnutí jistícího zařízení,
- při aktivaci jistícího zařízení došlo k odpojení jen vadné části a
- pro všechna jistící zařízení byly dodrženy stejné zásady.

Ochrana před proudovým přetížením

Podmínkou správné ochrany před proudovým přetížením je, že proud ve vedení není větší než jmenovitý proud jistícího zařízení a ten není větší jak dovolené proudové zatížení vedení.

Ochranné zařízení před proudovým přetížením se umísťují tam, kde nastane změna, která způsobuje snížení hodnot dovoleného proudu vodičů. Těmito změnami mohou být změna průřezu, druhu, způsobu uložení nebo složení vedení. Ochranné zařízení chránící vodič může být umístěno kdekoli na trase tohoto vodiče za předpokladu, že část vedení mezi místem, kde ke změně dochází a místem, kde se nachází ochranný přístroj, nemá odbočku ani zásuvku a je buď chráněno před zkratovým proudem, nebo jeho délka nepřesahuje 10m a je provedeno tak, aby se snížilo nebezpečí zkratu, požáru nebo ohrožení osob. Ochranné zařízení před proudovým přetížením se mohou vynechat tam, kde náhlé přerušování obvodu může vyvolat určité ohrožení nebo škodu. Mezi takové obvody patří např. budící obvody rotačních strojů, sekundární obvody proudových transformátorů, obvody napájející hasicí zařízení, obvody napájející bezpečnostní zařízení apod.

Ochrana před zkratovými proudy

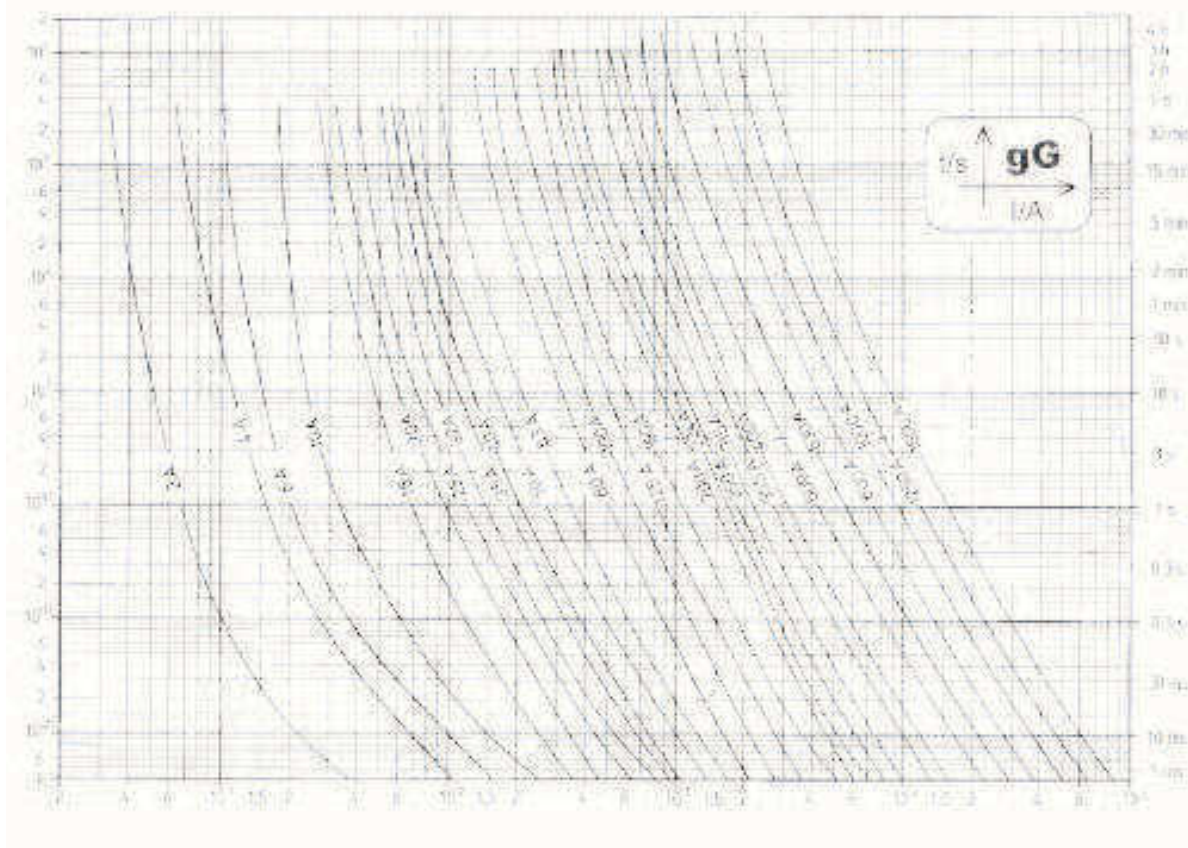
Podmínkou pro správnou funkčnost ochranného zařízení před zkratovými proudy je, že jmenovitá vypínací schopnost ochranného zařízení je větší než maximální předpokládaný zkratový proud v místě instalace zařízení. Pro umístění ochranného zařízení před zkratovými proudy platí stejné zásady jako pro umístění ochranných zařízení před proudovým přetížením. Ochranné zařízení před zkratovými proudy se mohou vynechat u měřicích obvodů, tam, kde náhlé přerušování obvodu může vyvolat určité ohrožení nebo škodu a také u vodičů spojující generátory, transformátory, usměrňovače, akumulátorové baterie s příslušnými řídicími rozvaděči, přičemž ochranné prvky jsou umístěny v těchto rozvaděčích.

Nejčastěji používanými ochrannými zařízeními v běžných elektroinstalacích, které splňují podmínky obou druhů ochrany, jsou pojistky a jističe.

2.4.1 Pojistka

Pojistka je přístroj, který vlivem procházejícího nadproudu odpojí obvod, ve kterém je zapojena. „*Princip pojistky spočívá v přetavení tavného vodiče (přerušování obvodu), který se nachází v křemíkovém písku v dutině pojistkové patrony. Pojistková patrona je zhotovena z porcelánu.*“ [1, s. 107] K omezení zkratového proudu dojde v obvodu za pojistkou a to hned v první půlperiodě zkratového proudu díky rychlému působení pojistky. Výhody pojistky - jednoduchost, malé vlastní ztráty, odolnost proti stárnutí, vypínací charakteristika poměrně stálá i při změnách teploty, vypínání nadproudů od nejmenších až po proudy její maximální vypínací schopnosti. Nevýhody pojistky - po

vybavení dojde k jejímu zničení, nelze opravovat, v případě vybavení jedné fáze nedokáže odpojit ve vícefázovém obvodu všechny fáze najednou.



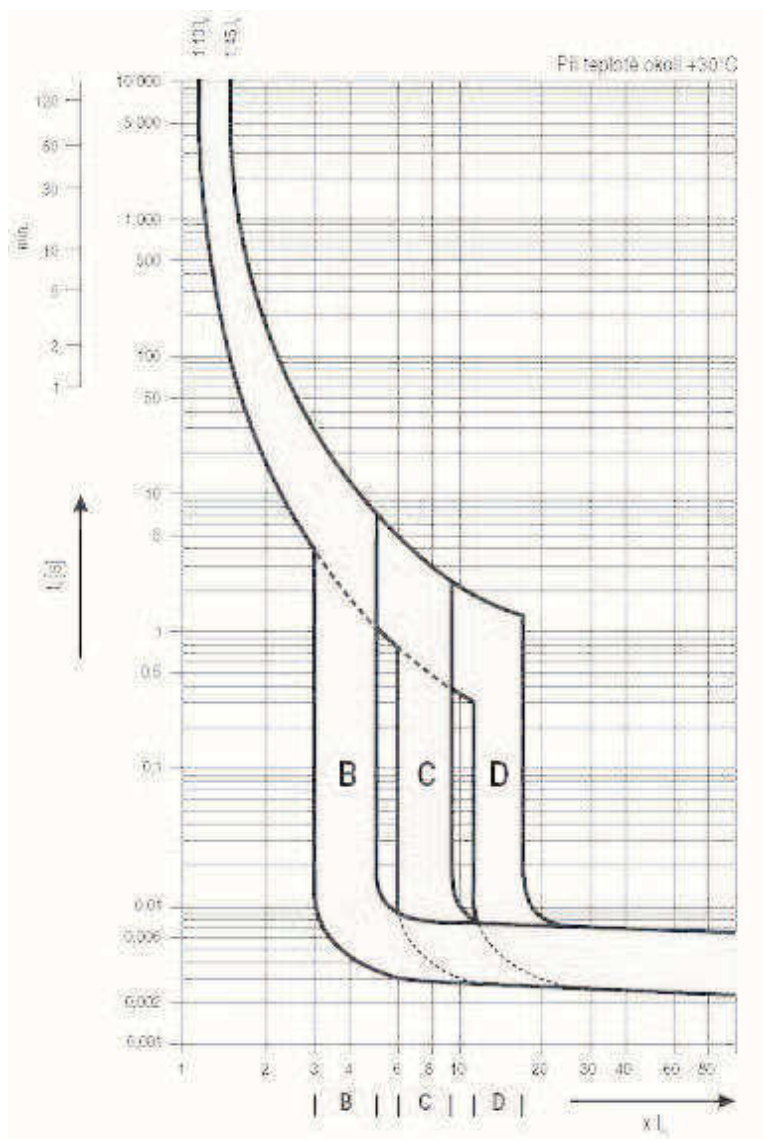
Obr. 1 Vypínací charakteristika pojistky

2.4.2 Jistič

Jistič je přístroj, který stejně jako pojistka vlivem procházejícího nadproudu odpojí obvod, ve kterém je zapojen. „Mezi základní stavební prvky jističe patří nadproudová a zkratová spoušť. Zkratová spoušť reaguje při větších násobcích jmenovitého proudu (10-14-ti násobek, zatímco nadproudová reaguje na malé násobky jmenovitého proudu prvku (1,1-8 násobek). Zkratová spoušť je tvořena pomocí cívky a magnetického obvodu. Nadproudová spoušť je tvořena bimetalem (dvojkov).“ [1, s. 107] Výhody jističe - doplnění podpěťovou spouští, dálkové zapínání a vypínání nebo signalizace stavu jištění, příznivější vypínací charakteristika, opakovatelné použití. Nevýhoda jističe - menší zkratová odolnost.

Všechny jističe mají stejnou nadproudovou ochranu a liší se v ochraně proti zkratu. Jističe se proto dělí podle typu charakteristiky:

- B – použití u zařízení s malými proudovými rázy (3,5 – 5 násobek I_n)
- C – použití u zařízení s většími proudovými rázy (5 – 10 násobek I_n)
- D – použití u zařízení s velkými proudovými rázy (10 – 20 násobek I_n)



Obr. 2 Vypínací charakteristika jističů

2.4.3 Selektivita jištění

Selektivitou jištění se rozumí vybavení jistícího prvku umístěného nejbližší k poruše, a to bez vybavení ostatních nadřazených jistících prvků v obvodu. Toho lze docílit vhodnou volbou jistících prvků s ohledem na jejich průběhy vypínacích charakteristik. Při poruše dojde k odpojení pouze té části vedení, ve které se porucha vyskytla, ostatní nadřazené části zůstanou funkční.

Selektivita se uplatňuje zejména v náročných provozech, kde opakované výpadky mohou způsobit značné škody (nemocnice, letiště, banky, apod.) a také tam, kde je požadován celodenní provoz, a výpadky celého rozvodu by mohly způsobit velké finanční ztráty. Selektivitou je zajištěna spolehlivost dodávky elektrické energie. Je základní podmínkou, kterou musí projektant brát v úvahu vždy v prvopočátku projektu. Je uvedena v normě IEC 60947-2.

3. VNĚJŠÍ VLIVY

Při navrhování a volbě elektrického zařízení, navrhování vedení a způsobu jeho kladení a při specifikaci podmínek provozu je důležité počítat s působením různých faktorů. Ty svou přítomností ovlivňují dané elektrické zařízení, vedení nebo provoz z hlediska úrazu elektrickým proudem, elektromagnetickým či elektrostatickým polem. Tyto faktory se nazývají vnější vlivy a určují se podle normy ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 [8].

3.1 Rozdělení

Vnější vlivy se rozdělují do tří stupňů a každý stupeň je označen dvěma velkými písmeny a číslicí (např. AB2).

První písmeno určuje všeobecnou kategorii vnějšího vlivu:

A = prostředí. Prostředím se rozumí vlastnost okolí, ve kterém se zařízení nachází.

B = využití. Touto kategorií se rozumí uplatnění objektů a jejich využití.

C = konstrukce budovy. Konstrukcí budovy se rozumí souhrn vlastností použitého materiálu, fixace na okolí a vlastnosti vyplývající z povahy materiálu.

Druhé písmeno určuje povahu vnějšího vlivu. Jsou to písmena A – S.

Prostředí

Mezi tyto činitele patří: teplota okolí, atmosférické podmínky okolí, nadmořská výška, výskyt vody, výskyt cizích pevných těles, výskyt korozivních nebo znečišťujících látek, mechanická namáhání, výskyt rostlinstva nebo plísní, výskyt živočichů, elektromagnetická, elektrostatická nebo ionizující působení, sluneční záření, seizmické účinky, bouřková činnost, pohyb vzduchu a vítr.

Využití

Mezi tuto všeobecnou kategorii vnějších vlivů patří uplatnění objektů a jejich využití dané: schopností osob, elektrickým odporem těla, kontaktem osob s potenciálem země, podmínkami úniku v případě nebezpečí a povahou zpracovaných nebo skladovaných materiálů.

Konstrukce budovy

Činitelé této kategorie vnějších vlivů jsou dáni: konstrukcí budov a jejich provedením.

Číslice určuje třídu vnějšího vlivu. Ze zvyšující se hodnotou číslice stoupá závažnost vnějšího vlivu.

3.2 Protokol o určení vnějších vlivů

Výsledkem určení vnějších vlivů a opatření proti nim je písemný doklad „Protokol o určení vnějších vlivů“, který je nezbytnou součástí dokumentace a musí být společně s dokumentací po celou dobu životnosti zařízení, provozu nebo objektu archivován. Při jakékoliv změně technologie, výrobního zařízení, změně používání či změně charakteru použitého stavebního materiálu musí být znovu určeny vnější vlivy jen pro ty části, kterých se změny týkají. U prostorů, pro které jsou vnější vlivy jednoznačně stanoveny technickou normou, nebo jinými předpisy, se protokol zpracovává, ale vnější vlivy se určovat nemusí. Zde se uvede jen odkaz na příslušnou normu. Do protokolu se také nemusí uvádět ty vnější vlivy, které se považují za normální (např. zanedbatelné působení vody, či zanedbatelná přítomnost cizích těles). Pro jednoznačné vnější vlivy působící na zařízení či prostor, které jsou považovány v ČSN 33 2000-5-51 ed.3 [8] za normální, není nutno vypracovávat protokol.

Protokol o určení vnějších vlivů tvoří podklad pro zpracování projektu nebo také postupů prací a instalací zařízení či technologií. Pro svou práci ho především využívají projektanti, revizní technici a také montážní firmy. Vnější vlivy jsou jednou ze základních charakteristik, které projektant musí zohlednit při volbě elektrického zařízení pro jím navrženou elektroinstalaci. Protokol by měl být vypracován odbornou komisí složenou z kvalifikovaných členů, kteří mají znalosti o provozu a instalovaných zařízeních (např. technolog, projektant elektro, konstruktér zařízení a bezpečnostní technik).

3.3 Určování prostorů podle působení vnějších vlivů

Stanovení vnějších vlivů z hlediska elektrického úrazu (elektrickým proudem, elektrickým nebo elektromagnetickým polem), který může při provozu elektrického zařízení nastat, je důležité pro klasifikaci prostorů, které norma ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 [5, příloha NA.0] rozděluje na:

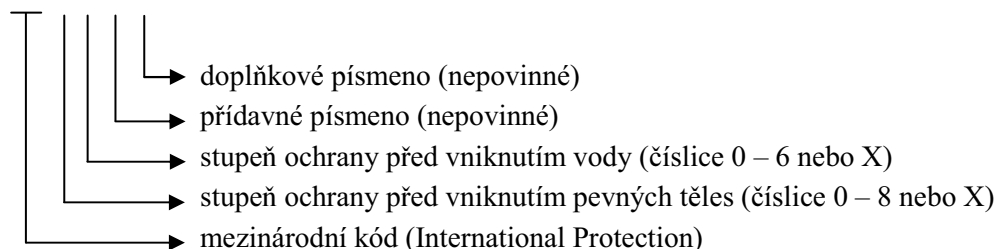
- a) Prostory normální - „*Prostory normální jsou takové, v nichž používání elektrického zařízení je používáno za bezpečné. Působením vnějších vlivů nedochází ke zvýšení nebezpečí elektrického úrazu, pokud elektrická zařízení a jejich používání odpovídají ustanovením, která se jich týkají*“.
- b) Prostory nebezpečné - „*Prostory nebezpečné jsou takové, kde působení vnějších vlivů je buď přechodné, nebo stálé a způsobuje nebezpečí elektrického úrazu*“.
- c) Prostory zvlášť nebezpečné - „*Prostory zvlášť nebezpečné jsou takové, ve kterých působením zvláštních okolností, vnějších vlivů (případně i jejich kombinací) dochází ke zvýšení nebezpečí elektrického úrazu*“.

3.4 Výběr a stavba elektrického zařízení

Požadavky pro výběr a stavbu elektrického zařízení v závislosti na vnějších vlivech určuje norma ČSN EN 33 2000-5-51 ed. 3 [8]. Podle ní respektive podle tabulky ZA.1 této normy, musí být elektrická zařízení volena a zřizována nejen v souladu s opatřeními k ochraně z hlediska bezpečnosti nebo z požadavků na správnou funkci pro dané užití v instalaci, ale také v souladu s požadavky na odolnost proti předpokládaným vnějším vlivům, jimž může být zařízení vystaveno. Dále podle této

normy musí být charakteristiky zařízení dány stupněm ochrany (např. krytím), nebo odkazem na soulad se zkouškami. Ochrana před vnějšími vlivy se určuje podle toho, zda různé vnější vlivy působí současně a jsou na sobě závislé, nebo působení různých vnějších vlivů je vzájemně nezávislé. Zejména ochrana před vniknutím vody, nebo cizích předmětů do zařízení. Norma ČSN EN 60529 [16] předepisuje tzv. „stupeň ochrany krytem“, což je rozsah ochrany ověřený normalizovanými zkouškami a označuje se mezinárodním IP kódem.

I P x x C H



Tab. 1 Stupně ochrany před vniknutím pevných těles

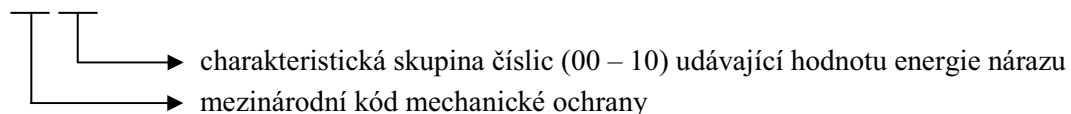
První číslice	Stupeň ochrany	
	Význam pro ochranu zařízení	Význam pro ochranu osob
	Ochrana před vnikem pevných těles	Ochrana před dotykem nebezp. částí
0	nechráněno	nechráněno
1	o průměru $\geq 50\text{mm}$	hřbetem ruky
2	o průměru $\geq 12,5\text{mm}$	prstem
3	o průměru $\geq 2,5\text{mm}$	nástrojem
4	o průměru $\geq 1\text{mm}$	drátem
5	chráněno před prachem	drátem
6	prachotěsné	drátem

Tab. 2 Stupně ochrany před vniknutím vody

Druhá číslice	Stupeň ochrany	
	Stručný popis	Definice
0	nechráněno	nechráněno
1	ochrana před svisle padajícími kapkami vody	škodlivě nesmějí působit svisle padající kapky vody
2	ochrana před svisle padajícími kapkami vody při náklonu krytu do 15°	voda dopadající na kryt pod úhlem 15° nesmí škodit el. zařízení
3	ochrana před svisle padajícími kapkami vody při náklonu krytu do 60°	voda dopadající na kryt pod úhlem 60° nesmí škodit el. zařízení
4	ochrana před stříkající vodou	voda stříkající na kryt v libovolném směru nesmí škodit el. zařízení
5	ochrana před proudem vody	tryskající voda v libovolném směru nesmí škodit el. zařízení
6	ochrana proti intenzivně tryskající vodě	intenzivně tryskající voda nesmí vniknout dovnitř a škodit el. zařízení
7	ochrana při dočasném ponoření	při ponoření nesmí voda vniknout při určitém tlaku pod kryt a poškodit el. zařízení
8	ochrana při úplném ponoření	při ponoření nesmí voda vniknout pod kryt a poškodit el. zařízení

Elektrické zařízení může být také vystaveno škodlivým mechanickým nárazům. Norma ČSN EN 62262 [20] stanovuje „stupeň ochrany krytem“ pomocí mezinárodního IK kódu.

I K x x



Tab. 3 Stupně udávající hodnotu energie nárazu

IK kód:	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Energie nárazu (J)	nechráněno proti nárazu	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20

3.5 Výběr a stavba vedení

Požadavky pro výběr a stavbu silových vedení v závislosti na vnějších vlivech určuje norma ČSN EN 33 2000-5-52 [9]. Z hlediska výběru a stavby vedení je důležitý odstavec 522 této normy. Ten stanovuje vnější vlivy, které jsou důležité pro způsoby kladení vedení. Z konkrétních požadavků této normy jsou důležité:

- volba kabelů a vodičů s ohledem na nejvyšší a nejnižší možnou teplotu okolí,
- omezení působení tepla z vnějších zdrojů (zastínění, umístění v dostatečné vzdálenosti, volba izolačního materiálu, větrání, chlazení),
- vhodné krytí (IP a IK),
- ochrana proti korozi, nebezpečným látkám, rostlinstvu, plísním a živočichům,
- mechanická ochrana,
- poddajnost spojů s ohledem na vibrace,
- ohybové a tahové namáhání u pohyblivých zařízení.

4. ROZVADĚČ A JEHO VÝZBROJ

Rozvaděčem nízkého napětí podle ČSN EN 60439-1 [14] se rozumí jeden nebo více spínacích přístrojů nízkého napětí v kombinaci s přidruženým řídícím, měřícím, signalizačním, ochranným, regulačním zařízením. Tyto přístroje a zařízení představují tzv. výzbroj rozvaděče a za jejich úplné sestavení, včetně všech vnitřních elektrických spojů, mechanických vazeb a konstrukčních částí je odpovědný výrobce.

4.1 Druhy rozvaděčů

Rozvaděče nízkého napětí se podle ČSN EN 60439-1 [14] dělí na:

a) TTA (typově zkoušený rozvaděč)

Rozvaděč nízkého napětí odpovídající stanovenému typu nebo sestavě bez odchylek od typového provedení, u kterého je prokázáno, že odpovídá této normě, které by mohly mít podstatný vliv na jeho vlastnosti.

b) PTTA (částečně typově zkoušený rozvaděč)

Rozvaděč nízkého napětí obsahuje jak uspořádání typově zkoušená, tak i typově nezkoušená. Typově nezkoušená však za předpokladu, že jsou odvozena (např. výpočtem) od uspořádání typově zkoušených, která vyhověla příslušným zkouškám.

4.2 Charakteristiky rozvaděčů

Každá technologie uvedená do provozu obsahuje rozvaděč, na jehož kvalitě závisí její bezpečná a spolehlivá funkce. Při výběru rozvaděče je tedy podle ČSN EN 60439-1 [14] nutné se řídit:

- a) **Elektrickými parametry** - jmenovité napětí, jmenovité pracovní napětí, jmenovité izolační napětí, jmenovité impulsní výdržné napětí, jmenovitý proud, jmenovitý krátkodobý proud, jmenovitý dynamický proud, jmenovitý podmíněný zkratový proud, jmenovitý zkratový proud při jištění pojistkou, součinitel soudobosti, jmenovitý kmitočet a druh proudu.
- b) **Provedením a konstrukcí** - mechanické provedení, kryt a stupeň ochrany krytem, oteplení, ochrana před úrazem elektrickým proudem, jištění proti zkratu a zkratová odolnost, elektromagnetická kompatibilita apod.
- c) **Pracovními podmínkami** - normální, zvláštní, při přepravě, skladování a montáži.

4.3 Zkoušky rozvaděčů

Pro ověření výše uvedených charakteristik se podle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a podle nařízení vlády č. 24/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky

na strojní zařízení, musí provést typové a kusové zkoušky. Typové a kusové zkoušky se nemusí provádět na normalizovaných a schválených přístrojích a samostatných konstrukčních prvcích vestavěných do rozvaděče dle pokynů výrobce.

Podle vyhlášky č. 20/1979 Sb. v platném znění musí mít každá oprávněná organizace pro výrobu a tedy i zkoušky rozvaděčů oprávnění, které ji vydá příslušný orgán a živnostenský úřad. Proces probíhající během zkoušek se nazývá posuzování shody a výsledkem tohoto procesu je zpracování dokumentu, který se nazývá „ES prohlášení o shodě“.

a) Typové zkoušky

Typové a částečně typové zkoušky se provádějí ke kontrole, zda daný typ rozvaděče splňuje požadavky ČSN EN 60439-1 [14]. Seznam kontrol a zkoušek, které se na rozvaděčích provádí, je v tabulce č. 1 této normy.

b) Kusové zkoušky

Cílem kusových zkoušek je najít materiálové a výrobní vady. Musí se provádět pro každý nově vyrobený a sestavený rozvaděč. Pokud je rozvaděč sestaven z normalizovaných součástí s výhradním použitím částí a příslušenství, jež byly výrobcem pro tento účel určeny nebo dodány, musí podle ČSN EN 60439-1 [14] kusovou zkoušku provést organizace, která rozvaděč sestavila.

Při kusové zkoušce se podle této normy provádí:

- a) prohlídka rozvaděče, prohlídka zapojení a zkouška elektrické funkce,
- b) dielektrická zkouška,
- c) kontrola ochranných opatření a elektrické celistvosti ochranného obvodu.

„Provedení kusových zkoušek ve výrobním závodě nezbavuje montážní organizaci povinnosti překontrolovat rozvaděč po jeho dopravě a instalaci.“ [14, čl. 8.1.2].

4.4 Údaje o rozvaděči

Podle ČSN EN 60439-1 [14] jsou údaje o rozvaděči jeho nezbytnou součástí. Výrobce je musí uvést na štítku nebo v dokumentaci. Každý rozvaděč musí mít alespoň jeden štítek s trvalým popisem. Tento štítek je umístěn tak, aby byl viditelný a čitelný i po instalaci rozvaděče. Přehled údaje, které musí štítek obsahovat, je uveden v této normě.

4.5 Výzbroj rozvaděče

Z důležitých požadavků pro volbu dané výzbroje rozvaděče, které norma ČSN EN 60439-1 [14] definuje, jsou:

- a) **Jistící přístroje** – se volí podle jejich vypínacích charakteristik, jmenovitých proudů a vypínacích schopností. Musí být uspořádány tak, aby byly přehledné a tím se usnadnilo jejich ovládání a údržba. Při instalaci do rozvaděče se musí dodržet jejich vzdušné vzdálenosti dané výrobcem a také by se měla dodržet selektivita jištění.

- b) **Svorky** - musí umožňovat připojení vnějších vodičů takovým způsobem, aby kontaktní tlak odpovídal jmenovitému proudu a zkratové odolnosti přístroje a obvodu. Pokud není stanoveno jinak (např. zvláštní dohodou mezi výrobcem a odběratelem) musí svorky umožnit připojení měděných vodičů a kabelů v rozsahu od nejmenšího po největší průřez odpovídající příslušnému jmenovitému proudu. V jedné svorce může být zapojen pouze jeden vodič. Více vodičů zapojených v jedné svorce může být pouze tehdy, pokud to výrobce doporučuje. Svorky pro připojení středních, ochranných a PEN vodičů, musí být umístěny v blízkosti svorek příslušných fázových vodičů. Značení svorek by mělo odpovídat IEC 60445.
- c) **Vodiče** – volba průřezů vodičů uvnitř rozvaděče závisí na protékajícím proudu, mechanickém namáhání, způsobu uložení, druhu izolace a druhu připojovacího zařízení. Izolované vodiče nesmí být umístěny na holých živých částech nebo na ostrých hranách. Vodiče musí být snadno rozlišitelné. Ochranný vodič bývá nejčastěji rozlišován po celé jeho délce zeleno/žlutým barevným označením, střední vodič světle modrým a fázový černým, hnědým a šedým. Vodič před hlavním vypínačem má být barvy oranžové.

5. TECHNOLOGIE INSTALACE, UZEMNĚNÍ A OCHRANNÉ POSPOJOVÁNÍ

Pro spolehlivý a bezpečný návrh elektroinstalace uvádí norma ČSN 33 2000-1 ed. 2 [4] hlediska, která by se měla brát v úvahu při navrhování elektrických instalací tak, aby byla zajištěna:

- a) ochrana osob, hospodářských zvířat a majetku v souladu s oddílem 131 této normy a
- b) správná funkce elektrického zařízení při užití k účelu, pro které je určeno.

5.1 Technologie elektrického vedení

Firma Wieland Electric GmbH se specializuje na zásuvnou spojovací techniku v automatizační technice. Řešení konektorového propojení zařízení nabízí z obrovské řady až tisíců dílů pomocí systému *gesis*. Ten se používá po celém světě jako standardní systém, z čehož vyplývá jeho zaručená kompatibilita. Jeho použití znamená úsporu času až o 70%, bezpečnou instalaci a přehlednost pro údržbu. Což je velmi dobré zejména v dnešní době, kdy se kladou velké požadavky na kvalitu, flexibilitu, bezpečnost a rychlost elektroinstalace.

Kabelové systémy s plochými konektory typu *gesis* umožňují velmi jednoduchou instalaci, a to i bez přerušení elektrické energie, což znamená snadné přidání či odebrání koncových prvků. Systém je vyráběn v různých barvách a s kódováním, které zabraňuje chybnému zapojení. Kabely, které jsou od výrobce osazeny konektory, mají spoje patřičně vyzkoušeny. Tím se zamezuje vzniku jiskření na kontaktních částech. Pro tento projekt byla vybrána nejpoužívanější produktová řada GST18.



Obr. 3 Kabel GST18i5 5 pól



Obr. 4 Kabel GST18i3 3 pól



Obr. 5 T-konektor GST18i5 5 pól



Obr. 6 T-konektor GST18i5 5/3 pól

5.2 Uzemnění a ochranné pospojování

„Uzemnění se zřizuje pro ochranu pře úrazem elektrinou, pro ochranu před bleskem a přepětím nebo pro správnou činnost el. zařízení.“ [1, s. 99]

5.2.1 Hlavní ochranná svorka nebo přípojnice

Podle normy ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 [11] v každé elektrické instalaci, ve které je použito ochranné pospojování, musí být ochranná svorka nebo přípojnice, se kterou musí být spojeny vodiče ochranného pospojování, uzemňovací přívody ochranné vodiče a pokud to přichází v úvahu tak i uzemňovací přívody pracovního uzemnění. „Každý vodič spojený s hlavní uzemňovací svorkou nebo přípojnici musí být možno samostatně odpojit. Toto spojení musí být spolehlivé a rozpojitelné pouze pomocí nástroje.“ [11, čl. 542.4.2]

5.2.2 Ochranné vodiče

Norma ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 [11] dále stanovuje, že průřez každého ochranného vodiče musí splňovat podmínky pro automatické odpojení od zdroje a musí být schopený vydržet předpokládaný poruchový proud.

Tab. 4 Minimální průřezy ochranných vodičů

Průřez vodiče vedení S mm ²	Minimální průřez odpovídajícího ochranného vodiče mm ²
	Jestliže ochranný vodič je ze stejného materiálu jako vodič vedení
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16^a
$35 < S$	$\frac{S^a}{2}$
^a Pokud se týká vodiče PEN, redukce jeho průřezu se dovoluje pouze v souladu s pravidly pro dimenzování nulových vodičů (viz HD 384.5.52).	

5.2.3 Vodiče ochranného pospojování

Vodiče ochranného pospojování stanovuje norma ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 [11] :

- a) **Hlavní pospojování** – průřezy vodičů hlavního ochranného pospojování, které jsou spojeny s hlavní uzemňovací svorkou, nesmí být menší než 6 mm² mědi nebo 16 mm² hliníku nebo 50 mm² oceli.
- b) **Doplňující pospojování** – vodič doplňujícího ochranného pospojování, spojující navzájem různé neživé části, nesmí mít průřez menší než je nejslabší průřez ochranného vodiče připojeného na neživou část.

6. PRAKTICKÉ ŘEŠENÍ

Cílem praktické části této bakalářské práce je navrhnout elektroinstalaci nové montážní linky pro výrobu světlometů v hale B06 firmy Hella Autotechnik s.r.o. Mohelnice. Rozmístění montážní linky je na výkrese v příloze B. V prvním kroku jsem navrhl přívodní kabel vedený z hlavního rozvaděče haly B06 k hlavnímu rozvaděči montážní linky.

6.1 Návrh přívodního kabelu

Vycházel jsem z výpočtového zatížení a následně z výpočtového proudu. Zohlednil jsem kritéria dimenzování kabelu a zvolil jeho průřez a jištění.

6.1.1 Výpočtové zatížení a výpočtový proud

V montážní lince se nachází dvě skupiny zařízení, jejichž seznam je v příloze I:

- a) montážní stroje $(P_i = 6kW)$
- b) lepicí zařízení $(P_i = 59,7kW)$

Z podkladů od jednotlivých zařízení, pracovního cyklu montážní linky a podle vztahu (1.2) jsem vypočítal součinitele náročnosti:

První skupina zařízení:

$$\beta_a = \frac{k_s \cdot k_z}{\eta_m \cdot \eta_s} = \frac{1 \cdot 0,327}{0,8 \cdot 0,8} = 0,51 \qquad \beta_b = \frac{k_s \cdot k_z}{\eta_m \cdot \eta_s} = \frac{1 \cdot 0,382}{0,8 \cdot 0,8} = 0,6$$

Druhá skupina zařízení:

$$\beta_a = \frac{k_s \cdot k_z}{\eta_m \cdot \eta_s} = \frac{1 \cdot 0,3}{0,8 \cdot 0,8} = 0,47 \qquad \beta_b = \frac{k_s \cdot k_z}{\eta_m \cdot \eta_s} = \frac{1 \cdot 0,237}{0,8 \cdot 0,8} = 0,37$$

Výpočet zatížení ze vztahu (2.8):

První skupina zařízení:

$$P_p = (\beta_a \cdot P_x)_1 + (\beta_b \cdot P_n)_1 = (0,51 \cdot 4,9)_1 + (0,6 \cdot 5,8)_1 = 6kW$$

Druhá skupina zařízení:

$$P_p = (\beta_a \cdot P_x)_2 + (\beta_b \cdot P_n)_2 = (0,47 \cdot 33)_2 + (0,37 \cdot 77,1)_2 = 44kW$$

Celkové výpočtové zatížení:

$$\sum_1^n (P_p) = (\beta_a \cdot P_x)_{\max} + \sum_1^n (\beta_b \cdot P_n) = 15,51 + 32,007 = \underline{\underline{47,5kW}}$$

Z toho výpočtový proud ze vztahu (2.9) pro:

$$\text{třífázové spotřebiče: } I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot 63,1}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,86} = \underline{\underline{79,7 A}}$$

6.1.2 Dimenzování kabelu

Dimenzování vodičů z hlediska mechanické pevnosti - podle ČSN 33 2000-5-523 [10] tabulka 52-C3. Pro uložení typu C a výpočtový proud 79,7A vychází průřez vodičů kabelu 25 mm².

Dimenzování vodičů z hlediska úbytku napětí - vycházel jsem ze vzorce daného normou ČSN 34 1610 [12] a tabulky 2 této normy. Úbytek napětí jsem počítal pro uvažovaný kabel s měděnými vodiči o průřezu 25 mm².

Úbytek napětí fázový ze vztahu (2.12):

$$\Delta U_f = R \cdot I_p \cdot \cos \varphi + X \cdot I_p \cdot \sin \varphi = (0,0435 \cdot 79,7 \cdot 0,86) + (0,00405 \cdot 79,7 \cdot 0,51) = 3,15V$$

$$\Delta u_f \% = \frac{\Delta U_f}{U_s} \cdot 100 = \frac{3}{230} \cdot 100 = 1,37\% \quad (6.1)$$

kde

$$R = R_k \cdot l$$

$$R = 0,87 \cdot 0,05$$

$$R = 0,0435\Omega$$

a

$$X = X_k \cdot l$$

$$X = 0,081 \cdot 0,05$$

$$X = 0,00405\Omega$$

Úbytek napětí sdružený ze vztahu (2.13):

$$\Delta U_s = \sqrt{3} \cdot \Delta U_f = \sqrt{3} \cdot 3 = 5,46V$$

$$\Delta u_s \% = \frac{\Delta U_s}{U_s} \cdot 100 = \frac{5,2}{400} \cdot 100 = 1,37\% \quad (6.2)$$

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že kabel s měděnými vodiči o průřezu 25 mm² a délce 50m vyhovuje 5% dovolenému úbytku.

Kontrola průřezu vodičů kabelu:

$$\Delta u_s \% = \frac{\Delta U_s}{U_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot \Delta U_f}{U_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot R \cdot I_p \cdot \cos \varphi}{U_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot R_k \cdot l \cdot I_p \cdot \cos \varphi}{U_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I_p \cdot \cos \varphi}{S \cdot U_s} \quad (6.3)$$

$$\Delta u_s \% = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I_p \cdot \cos \varphi}{S \cdot U_s} \Rightarrow S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I_p \cdot \cos \varphi}{\Delta u_s \% \cdot U_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0178 \cdot 50 \cdot 79,7 \cdot 0,86}{0,0137 \cdot 400} =$$

$$= 19,3 \text{ mm}^2 \Rightarrow 25 \text{ mm}^2$$

Dimenzování vodičů z hlediska hospodárnosti – řídil jsem se opět normou ČSN 34 1610 [12]. Počet provozních hodin jsem podle vytíženosti montážní linky uvažoval pro třisměnný provoz 22,5 hodin za den, 5 dní v týdnu, během 12 měsíců v roce. Podle vztahů (2.16, 2.17, 2.18).

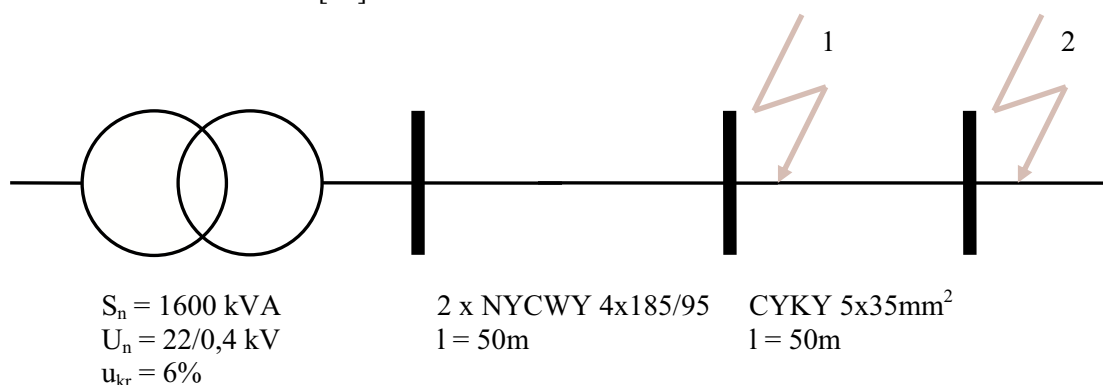
$$S = k \cdot I_p \sqrt{T} = 0,007 \cdot 79,7 \cdot \sqrt{1972} = 24,77 \text{ mm}^2 \Rightarrow 25 \text{ mm}^2$$

$$T = t \cdot (0,2 \cdot \zeta + 0,8 \cdot \zeta^2) = 4000 \cdot (0,2 \cdot 0,67 + 0,8 \cdot 0,67^2) = 1972 \text{ h}$$

$$\zeta = \frac{A}{P_p \cdot t} = \frac{127520}{47,5 \cdot 4000} = 0,67$$

$$A = U \cdot I_p \cdot t = 400 \cdot 79,7 \cdot 4000 = 127520 \text{ kWh} \quad (6.4)$$

Dimenzování vodičů z hlediska účinků zkratových proudů - pro výpočet zkratových proudů jsem použil normu ČSN EN 60909-0 [19].



Obr. 7 Náhradní schéma pro výpočet zkratů

Impedance sítě přepočtená na napětíovou hladinu v místě zkratu:

$$Z_Q = \frac{c \cdot U_{ns}^2}{S_k^n} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,05 \cdot (22 \cdot 10^3)^2}{500 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{0,4}{22} \right)^2 = 0,000336 \Omega \quad (6.5)$$

Podle normy je možné určit rezistenci a reaktanci jako:

$$X_Q = 0,995 \cdot Z_Q = 0,995 \cdot 0,0336 = 0,00033432 \Omega \quad (6.6)$$

$$R_Q = 0,1 \cdot X_Q = 0,1 \cdot 0,033432 = 0,000033432 \Omega \quad (6.7)$$

Sousledná impedance sítě:

$$Z_Q = R_Q + jX_Q = (0,00033432 + j0,000033432) \Omega \quad (6.8)$$

Zkratová impedance transformátoru:

$$Z_T = \frac{u_{kr}}{100} \cdot \frac{U_{LV}^2}{S_{nT}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{(400)^2}{1,6 \cdot 10^6} = 0,006 \Omega \quad (6.9)$$

Určení činné a jalové složky impedance transformátoru:

$$e_r = \frac{\Delta P_k}{S_{nT}} = \frac{16 \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^6} = 0,01 \quad (6.10)$$

$$e_x = \sqrt{e^2 - e_r^2} = \sqrt{0,06^2 - 0,01^2} = 0,06 \quad (6.11)$$

$$Z_T = e_r \cdot \frac{U_n^2}{S_T} + j e_x \cdot \frac{U_n^2}{S_T} = 0,01 \cdot \frac{400^2}{1,6 \cdot 10^6} + j 0,059 \cdot \frac{400^2}{1,6 \cdot 10^6} = (0,001 + j 0,006) \Omega \quad (6.12)$$

Korekční součinitel pro transformátor:

$$K_T = 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_t} = 0,95 \cdot \frac{1,05}{1 + 0,6 \cdot 0,06} = 0,96 \quad (6.13)$$

Výsledná korigovaná sousledná impedance transformátoru:

$$Z_{TK} = K_T \cdot Z_T = 0,96 \cdot (0,001 + j 0,006) = (0,00096 + j 0,00576) \Omega \quad (6.14)$$

Impedance kabelů z transformátoru:

$$R_{V1} = R_{K1} \cdot l_1 = 0,117 \cdot 0,24 = 0,02808 \Omega \quad (6.15)$$

$$X_{V1} = X_{K1} \cdot l_1 = 0,071 \cdot 0,24 = 0,01704 \Omega \quad (6.16)$$

$$R_{V1} = R_{K2} \cdot l_2 = 0,117 \cdot 0,24 = 0,02808 \Omega$$

$$X_{V2} = X_{K2} \cdot l_2 = 0,071 \cdot 0,24 = 0,01704 \Omega$$

$$R_{V12} = \frac{R_{V1} \cdot R_{V2}}{R_{V1} + R_{V2}} = 0,01404 \Omega \quad (6.17)$$

$$X_{V12} = \frac{X_{V1} \cdot X_{V2}}{X_{V1} + X_{V2}} = 0,00852 \Omega \quad (6.18)$$

$$Z_{V12} = R_{V12} + j X_{V12} = (0,01404 + j 0,00852) \Omega \quad (6.19)$$

Impedance kabelu z hlavního rozvaděče haly do hlavního rozvaděče linky:

$$R_{V3} = R_{K3} \cdot l_3 = 0,62 \cdot 0,05 = 0,031 \Omega$$

$$X_{V3} = X_{K3} \cdot l_3 = 0,091 \cdot 0,05 = 0,00455 \Omega$$

$$Z_{V3} = R_{V3} + j X_{V3} = (0,031 + j 0,00455) \Omega$$

Výsledná celková impedance v prvním bodě:

$$Z_{K1} = Z_Q + Z_{TK} + Z_{V12} = (0,0153 + j 0,01431) = 0,021 \Omega \quad (6.20)$$

Počáteční souměrný rázový zkratový proud ze vztahu (2.20):

$$I_{k1}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_K} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,021} = 11547 A = 11,55 kA$$

Nárazový zkratový proud:

$$i_{p1} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' = 1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 11,55 = 22,87 \text{ kA} \quad (6.21)$$

Výsledná celková impedance v druhém bodě:

$$Z_{K2} = Z_Q + Z_{TK} + Z_{V12} + Z_{V3} = (0,0463 + j0,01886) = 0,05 \Omega$$

Počáteční souměrný rázový zkratový proud ze vztahu (2.20):

$$I_{k2}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_K} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,05} = 4850 \text{ A} = 4,85 \text{ kA}$$

Nárazový zkratový proud:

$$i_{p2} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' = 1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,85 = 9,6 \text{ kA}$$

Ekvivalentní oteplovací proud:

$$I_{th2} = k_e \cdot I_k'' = 1,1 \cdot 4,85 = 5,335 \text{ kA} \quad (6.22)$$

Kontrola průřezu:

$$\vartheta_1 = 70^\circ \text{C}$$

$$\vartheta_{\max} = 150^\circ \text{C}$$

$$K = 70$$

$$S_{\min} = \frac{I_{th2} \cdot \sqrt{t_k}}{K} = \frac{5335 \cdot \sqrt{0,2}}{70} = 34,08 \text{ mm}^2 \Rightarrow 35 \text{ mm}^2 \quad (6.23)$$

Jištění - správná volba jistícího přístroje, který má bezpečně odpojit obvod, ve kterém by mohlo dojít ke zkratu, závisí na zkratovém proudu v místě, kde má být jistící prvek použit. Parametry jistícího prvku musí být lepší nebo rovny parametrům zkratového proudu.

Pro jištění přívodního kabelu montážní linky (zkrat 1) jsem využil stávajícího pojistkového odpínače LTS v hlavním rozvaděči haly a zvolil pojistky typu NH 100A s ohledem na vypočítané proudové zatížení. Tyto pojistky mají vypínací schopnost až 120 kA, což je proti působení zkratových proudů vyhovující. V místě zkratu 2 vyhovují pro průmyslové použití jističe s vypínací schopností 10kA.

Při návrhu jištění jsou také důležité vypínací časy jednotlivých jistících přístrojů. Ty se mohou vypočítat:

Přívodní kabel:

$$I_{k2}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_K} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,05} = 4850 \text{ A} = 4,85 \text{ kA}$$

Podle vypočítaného proudu zjistí z vypínací charakteristiky (obr.1) jeho vypínací čas. Pro pojistku se jmenovitým proudem 100A a vypočítaným proudem 4850A vychází vypínací čas 0,003s.

Stejně výpočty provedu pro jednotlivá vedení montážní linky.

Montážní stroje levá strana:

$$R_{VL} = R_{KL} \cdot l$$

$$R_{VL} = 8,7 \cdot 0,03 = 0,261\Omega$$

$$Z_{KL} = Z_Q + Z_{TK} + Z_{V12} + Z_{V3} + Z_{VL} = (0,3073 + j0,01886) = 0,3078\Omega$$

$$I_{kL}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,3078} = 787,8A$$

Vodiči o průřezu 2,5 mm² a jistič 16A charakteristiky B. Vypínací čas 0,006s.

Montážní stroje pravá strana: stejné jako u levé strany.

Lepící zařízení:

$$R_{VZ} = R_{KZ} \cdot l$$

$$R_{VZ} = 1,36 \cdot 0,025 = 0,009\Omega$$

$$Z_{KZ} = Z_Q + Z_{TK} + Z_{V12} + Z_{V3} + Z_{VR} = (0,0553 + j0,01886) = 0,058\Omega$$

$$I_{kZ}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,058} = 4180,8A$$

Vodiči o průřezu 16 mm² a jistič 63A charakteristiky B. Vypínací čas 0,004s.

Robot: pro všechny roboty platí stejné hodnoty.

$$R_{VR} = R_{KR} \cdot l$$

$$R_{VR} = 5,44 \cdot 0,02 = 0,1088\Omega$$

$$Z_{KR} = Z_Q + Z_{TK} + Z_{V12} + Z_{V3} + Z_{VR} = (0,1551 + j0,01886) = 0,156\Omega$$

$$I_{kR}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,156} = 1554,4A$$

Vodiči o průřezu 4 mm² a jistič 25A charakteristiky B. Vypínací čas 0,005s.

Plazma:

$$R_{VP} = R_{KP} \cdot l$$

$$R_{VP} = 3,62 \cdot 0,005 = 0,0181\Omega$$

$$Z_{KP} = Z_Q + Z_{TK} + Z_{V12} + Z_{V3} + Z_{VP} = (0,0644 + j0,01886) = 0,067\Omega$$

$$I_{kP}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,067} = 3619,2A$$

Vodiči o průřezu 4 mm² a jistič 32A charakteristiky B. Vypínací čas 0,004s.

Všechny navržené jističí prvky vyhovují z hlediska automatického odpojení v případě poruchy.

Přehled kabelů a jejich jištění je v tabulce 5.

6.2 Návrh rozvaděče

Dalším krokem byla volba vhodného rozvaděče a jeho výzbroje. Zvolil jsem zapouzdřený modulární skříňový systém (Mi-rozvaděč). Tento systém je vhodný do průmyslových objektů. Je vyrobený z vysoce odolného polykarbonátu. Má také zabezpečenou ochranu před nebezpečným dotykem živých částí při obsluze přístrojů. Tento typ je vhodný pro dané použití a výrobce zaručuje soulad s normou ČSN EN 60439-1 [14]. Mým úkolem bylo také navrhnout počet a typ jističích prvků a svorkovnic s ohledem na jejich zatížení. Rozmístění výzbroje rozvaděče je v příloze G, seznam jističích prvků je v tabulce 5. Jističe jsem volil PL7 s ohledem na výpočty s vypínací schopností 10kA a vypínače s proudovým zatížením 100A. Svorky pro přívodní kabel jsem určil modulární se šroubovým kontaktem a svorky pro ostatní zařízení s pružinovým kontaktem. Rozvaděč bude vyroben externí firmou podle příloh F a G, která zařídí i jeho typovou a kusovou zkoušku.

6.3 Určení vnějších vlivů

Pro určení vnějších vlivů působících ve výrobní hale B06 jsem spolu s odbornou komisí vypracoval „Protokol o určení vnějších vlivů“ (příloha E) podle ČSN 33 2000-5-51 [8]. Jelikož už při realizaci elektroinstalace celé výrobní haly byl protokol zpracován a vnější vlivy určeny, tak jsem se držel normy ČSN 33 2000-5-51 [8], která definuje: „*Při změnách využití objektu (technologie, změně výrobního zařízení nebo používaných látek atd.) musí být určeny ty části vnějších vlivů, u kterých dochází ke změnám.*“ [8, příloha NA 512.2.5]. Ve výrobní hale jsou také kanceláře a vzduchotechnika, proto jsem se zaměřil jen na výrobní prostor, ve kterém bude elektroinstalace montážní linky realizována. Výsledným ustanovením bylo, že se jedná o prostor normální se zohledněním dvou vnějších vlivů:

- a) **AA5** - musí elektrická zařízení odolávat teplotám, kterým bude vystaveno. Podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 [5] musí mít minimální stupeň ochrany živých částí krytem IP2X nebo IPXXB v místech přístupných laické obsluze.
- b) **BC2** - následkem výjimečného dotyku osob s potenciálem země musí být ochrana před úrazem elektrickým proudem provedena podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 [5].

Dodatkem komise je, že osoby pověřené obsluhou elektrického zařízení musí mít odpovídající kvalifikaci podle vyhlášky ČÚBP č.50/78 Sb.

6.4 Elektrický rozvod

Pro elektrický rozvod montážní linky jsem s ohledem na flexibilitu provedení zvolil šňůrové vedení a při jeho návrhu jsem se řídil normou ČSN 34 0350 [23].

6.4.1 Provedení

Pro první skupinu zařízení, která obsahuje montážní stroje, jsem s ohledem na jednoduchost a rychlost montáže elektrického vedení zvolil spojovací konektorový systém GESIS od firmy WIELAND s.r.o. Tento systém je tvořen kabely typu H05VV-F.

H harmonizovaný kabel
05 jmenovité napětí (500V)

- V izolace žil (PVC pro normální použití)
- V izolace celého kabelu (PVC pro normální použití)
- F typ jádra (ohebné jádro)

Pro druhou skupinu zařízení, která obsahuje lepící zařízení jsem použil typ kabelu H07RN-F, s ohledem na jeho odolnost a flexibilitu při zapojování.

- H harmonizovaný kabel
- 07 jmenovité napětí (700V)
- R izolace žil
- N izolace celého kabelu (pryž)
- F typ jádra (ohebné jádro)

6.4.2 Mechanické namáhání

Kabely nebudou pohybově namáhány. U každého zařízení budou připojeny na jeho nepohyblivou část. Uchycení kabelů k rozvaděčům bude pomocí kruhových utahovacích průchodek, čímž se zabrání mechanickému namáhání tahem nebo ohybem. U robotů, kteří jsou součástí lepícího zařízení, bude připojení kabelu provedeno přes originální konektor, jehož provedení musí odpovídat požadavkům ČSN 34 0350 [23] pro odlehčení od mechanického namáhání tahem nebo ohybem. Konce jader žil kabelů jak v rozvaděčích, tak i v konektorech budou zakončeny lisovacími dutinkami pro zabránění třepení a oddělování drátků od jádra. Podle tohoto požadavku byly voleny vhodné svorky do rozvaděčů.

6.4.3 Kladení

V souvislosti s ČSN 34 0350 [23], která stanovuje místa pro správné kladení vedení, jsem zvolil již ve firmě zaběhlé kabelové trasy, které splňují požadavky této normy. Kabely k první skupině zařízení, což jsou montážní stroje, budou uloženy v kabelových žlabech MALPRO 60x60 nad montážními stroji. Druhá skupina zařízení bude mít kabely vedené v kabelových žlabech JUPITER, uložené v nepřístupné části pod jednotlivými zařízeními lepení. Kabelové trasy jsou zakresleny na výkrese v příloze B.

6.4.4 Dimenzování

Průřezy vodičů a následně jejich jištění jsem volil s ohledem na proudové zatížení jednotlivých skupin zařízení podle vztahů (1.9) až (1.11) a podle požadavků výrobců. Přehled kabelů pro jednotlivá zařízení včetně jejich jištění je v tabulce 5.

Tab. 5 Přehled kabelů v montážní lince

Název zařízení	Kabel	Jištění
Skupina montážních strojů (levá strana)	H05VV-F5G2,5	PL7 B16/3
Skupina montážních strojů (pravá strana)	H05VV-F5G2,5	PL7 B16/3
Lepicí zařízení	H07RN-F5G16	PL7 B63/3
Plazma	H07RN-F5G6	PL7 B32/3
Robot 1L	H07RN-F5G4	PL7 C25/3
Robot 1R	H07RN-F5G4	PL7 C25/3
Robot 2	H07RN-F5G4	PL7 C25/3
Robot 3	H07RN-F5G4	PL7 C25/3
Robot 4	H07RN-F5G4	PL7 C25/3
Rozvaděč řídicích obvodů	H07RN-F3G2,5	PL7 B16/1
Rozvaděč (dopravník levý)	H07RN-F5G2,5	PL7 C16/3
Rozvaděč (dopravník pravý)	H07RN-F5G2,5	PL7 C16/3
Rozvaděč (manipulace)	H07RN-F5G2,5	PL7 C16/3

6.5 Uzemnění a ochranné pospojování

Uzemnění a ochranné pospojování jsem navrhl podle ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 [11]. Uzemnění je provedeno ochranným vodičem a vodičem ochranného pospojování. Ochranný vodič je součástí přívodního kabelu a je spojen s hlavní ochranou přípojnici. V hlavním rozvaděči linky je napojen na vstupní svorku PE a následně vodičem o průřezu 16 mm² spojen s ochrannou svorkovnicí společně s ochrannými vodiči jednotlivých kabelů zařízení. Ochranné pospojování je provedeno vodičem CYA 6 mm² ze svorkovnice doplňujícího pospojování umístěné v hlavním rozvaděči linky. Tato svorkovnice je spojena se svorkovnicí ochranného vodiče a jsou na ní připojeny vodiče ochranného pospojování neživých částí všech zařízení. Schéma uzemnění a ochranného pospojování je na výkrese v příloze D.

6.6 Investiční a provozní rozvaha

Provoz montážní linky není náročný. Údržbu lze provádět jednoduchým způsobem díky vhodnému systému, který umožňuje odpojit montážní zařízení bez přerušení elektrické energie. Kabely jsou uloženy ve vhodných kabelových žlebach, což zaručuje jejich přehlednost a díky poloze snadný přístup pro údržbu. Četnost a pravidelnost údržby si firma volí sama podle řádu preventivní údržby, který musí stanovovat lhůty a způsob prováděných kontrol.

Návrh elektroinstalace jsem zakončil výpisem materiálu včetně jeho ceny a oceněním prací spojených s tímto návrhem.

Tab. 6 Náklady na elektroinstalaci montážní linky

Materiál	Množství	Cena za kus	Celková cena
T-konektor L1	10	118,60	1186,00 Kč
T-konektor L2	8	118,60	948,80 Kč
T-konektor L3	8	118,60	948,80 Kč
T-konektor 5 pól	4	87,90	351,60 Kč
Prodlužovací kabel 5m H05VV-F5G2,5	14	326,80	4575,20 Kč
Připojovací kabel 5m H05VV-F5G2,5	2	168,70	337,40 Kč
Připojovací kabel 5m H05VV-F3G2,5	26	97,70	2540,20 Kč
Kabel H07RN-F5G4	35	140,83	4929,05 Kč
Kabel H07RN-F5G6	5	206,67	1033,35 Kč
Kabel H07RN-F5G2,5	25	108,20	2705,00 Kč
Kabel H07RN-F3G2,5	10	82,50	825,00 Kč
Kabel H07RN-F5G16	25	280,19	7004,75 Kč
Kabel CYKY 5G35	50	440,83	22041,50 Kč
Hlavní rozvaděč linky	1	23600,00	23600,00 Kč
Cena celkem			49426,65 Kč

Celkové zhodnocení

Cena materiálu	73026,65 Kč
Cena spojená s realizací návrhu	6170,00 Kč
Cena montáže	12750,00 Kč
Revize	2000,00 Kč
 Cena celkem bez DPH	 93946,65 Kč
Cena celkem s DPH	112736 Kč

7. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je zadáním firmy Hella Autotechnik s.r.o. a má za úkol navrhnout elektroinstalaci nové montážní linky pro výrobu světlometů. Úkolem bylo stanovit parametry připojovacího místa pro správnou volbu přívodního vedení a zohlednit možné působení vnějších vlivů jak na vedení, tak i na zařízení. Dále bylo úkolem navrhnout vhodný rozvaděč a jeho výzbroj, zvolit příčinnou elektroinstalaci montážní linky, její uzemnění a ochranné pospojování. Na závěr byla provedena investiční a provozní rozvaha. Jedním z předpokladů pro zpracování bylo seznámení se s příslušnými českými normami, které danou problematiku upravují. Těmito jsem se při zpracování také řídil.

V první části jsem měl z dodaných podkladů od montážních zařízení vypočítat potřebné parametry pro připojení ke stávajícímu rozvaděči umístěného v dané hale. Podle nich jsem provedl návrh přívodního kabelu. Zabýval jsem se také protokolem o určení možných vnějších vlivů působících na elektroinstalaci či zařízení. V další části jsem s ohledem na požadavky zákazníka zvolil rozvaděč a navrhl jeho vhodnou výzbroj.

Dalším úkolem bylo navrhnout vedení. Jak už je vidět z praktické části práce, montážní linka bude rozdělena do dvou skupin. Vedení pro první skupinu jsem volil s ohledem na výpočtové zatížení a navrhl ho pomocí vhodného systému. To by mělo přispět k lepší flexibilitě při montáži či užívání.

Celá montážní linka je vyrobena z duralových profilů, které jsou přístupné obsluze. Proto jsem z důvodu bezpečnosti navrhl ochranné pospojování všech neživých částí montážních zařízení. Pro představu finančních nákladů na realizaci jsem zpracoval investiční a provozní rozvahu. Nedílnou součástí návrhu elektroinstalace je také technická zpráva a výkresová dokumentace, které přikládám do přílohy.

Přínosem práce pro firmu je zpracování projektové dokumentace k realizaci projektu elektroinstalace montážní linky pro výrobu světlometů. Tato je firmou také postupně realizována. Použitím zvoleného systému docílí firma rychlejší a jednodušší montáže, úspory času i finančních prostředků. Práce může sloužit také jako podklad pro zpracování dalších projektů.

Získání přehledu o českých technických normách, zkušeností a dovedností se samostatným projektováním elektroinstalace a praktické využití poznatků získaných během studia jsou přínosy bakalářské práce pro mě osobně.

8. POUŽITÁ LITERATURA

Učební texty

- [1] Kol. autorů. *Elektro v praxi 1. Právní předpisy, základní normy, silnoproud*. Olomouc: Solid Team, s.r.o., 2007(9).
- [2] Kol. autorů. *Elektro v praxi 6. Projekce a konstrukce elektro*. Olomouc: Solid Team, s.r.o., 2011.
- [3] Kol. autorů. *Elektro v praxi 7. Vybrané oblasti elektro*. Olomouc: Solid Team, s.r.o., 2009.

Normy

- [4] ČSN 33 2000-1 ed.2, *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice*.
- [5] ČSN 33 2000-4-41 ed.2, *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem*.
- [6] ČSN 33 2000-4-43 ed.2, *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-43: Bezpečnost – Ochrana před nadproudy*.
- [7] ČSN 33 2000-4-473 HD 384.4.473, *Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti – Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům*.
- [8] ČSN 33 2000-5-51 ed.3, *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy*.
- [9] ČSN 33 2000-5-52, *Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 52: Výběr soustav a stavba vedení*.
- [10] ČSN 33 2000-5-523 ed.2, *Elektrické instalace budov – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Oddíl 523: Dovolené proudy v elektrických rozvodech*.
- [11] ČSN 33 2000-5-54 ed.3, *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění a ochranné vodiče*.
- [12] ČSN 34 1610, *Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách*.
- [13] ČSN EN 50160, *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí*.
- [14] ČSN EN 60439-1 ed. 2, *Rozváděče nn – Část 1: Typově zkoušené a částečně typově zkoušené rozváděče*.
- [15] ČSN EN 60439-3, *Rozváděče nn – Část 3: Zvláštní požadavky pro rozváděče nn určené k instalaci do míst přístupných laické obsluze – Rozvodnice*.
- [16] ČSN EN 60529, *Stupně ochrany krytem (Krytí – IP kód)*.
- [17] ČSN EN 60865-1, *Zkratové proudy – Výpočet účinků – Část 1: Definice a výpočetní metody*.
- [18] ČSN EN 60898-1, *Elektrická příslušenství – Jističe pro nadproudové jištění domovních a podobných instalací – Část 1: Jističe pro střídavý provoz*.
- [19] ČSN EN 60909-0, *Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 0: Výpočet proudů*.
- [20] ČSN EN 62262, *Stupně ochrany poskytované kryty elektrických zařízení proti vnějším mechanickým nárazům (IK kód)*.
- [21] ČSN 38 1754, *Dimenzování elektrického zařízení podle účinku zkratových proudů*.

- [22] ČSN IEC 781 HD 581 S1, *Návod pro výpočet zkratových proudů v paprskových sítích nízkého napětí.*
- [23] ČSN 34 0350 ed. 2, *Bezpečnostní požadavky na pohyblivé přívody a šňůrová vedení.*

WWW stránky

- [24] *Wieland Electric GmbH, technologie elektrického vedení* [online]. 2011 [cit. 2012-3-16] Dostupný z WWW:
<http://www.wieland-electric.com/public/we_en_products_gesis_CON.AxCMS>
- [25] *ELEKTRO, Odborné časopisy* [online]. 2012 [cit. 2012-2-23] Dostupný z WWW:
<http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22832>
- [26] *EATON Elektrotechnika* [online]. 2010 [cit. 2012-4-8] Dostupný z WWW:
<http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni_instalace-instalacni_jistici_pristroje-jistice>

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A	Technická zpráva
PŘÍLOHA B	Dispoziční výkres montážní linky
PŘÍLOHA C	Obvodové schéma montážní linky
PŘÍLOHA D	Výkres uzemnění a ochranného pospojování
PŘÍLOHA E	Protokol o určení vnějších vlivů
PŘÍLOHA F	Uspořádání rozvaděče
PŘÍLOHA G	Rozmístění přístrojů v rozvaděči
PŘÍLOHA H	Jednopolové schéma rozvaděče
PŘÍLOHA I	Seznam a parametry zařízení
CD	Elektronická verze bakalářské práce